

# GRUPO DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO DE LA R.S.E.F.O.

3ª Reunión - Vigo, Noviembre 1981

**Título:** BIESTABILIDAD OPTICA HIBRIDA EN ESTRUCTURAS HOMEOTROPICAS  
DE CRISTAL LIQUIDO

**Autor(es):** J.A.Martín Pereda, F.J.López Hernandez, M.A.Muriel y  
J.M.Otón.

**Centro de trabajo:**

Dpto Electrónica Cuántica, ETS de Ingenieros de Telecomunicación,  
Universidad Politecnica de Madrid.

**Resumen:** En el presente artículo se presentan algunos de los resultados que pueden obtenerse en el campo de la biestabilidad óptica híbrida, mediante el empleo de cristales líquidos del tipo nemático cuando adoptan una estructura homeotrópica planar. Los resultados obtenidos son análogos a los conseguidos con otros materiales ofreciendo la innegable ventaja de su menor costo y su mayor rendimiento energético.

## I.- INTRODUCCION

Como ya es sabido<sup>1</sup>, la biestabilidad optica constituye en la actualidad uno de los campos en el que aparece centrado el interes de las investigaciones de los grupos de Electronica Cuantica de todo el mundo. La razon de ello se basa en la posibilidad de un procesamiento directo de una radiación optica y su aplicación, así, en terrenos tan dispares como el de memorias opticas o el de limitación de ruido entre otros.

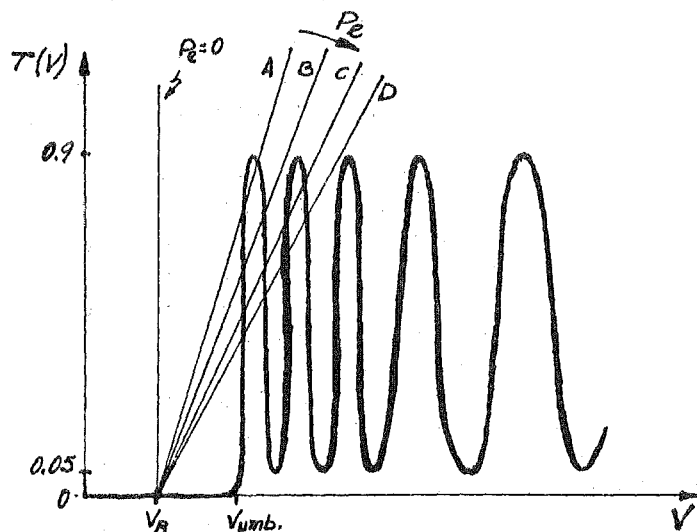
Hasta la introducción de la biestabilidad optica hibrida, la base de todos los dispositivos usados era un resonador de Fabry-Perot en el que se introducía un material optico no lineal. Variaciones en la intensidad optica en su interior conducen a una variación en el indice de refracción del material y, en consecuencia, a una variación en su radiación de salida. La intensidad optica requerida es, en general, bastante elevada y, en consecuencia, solo puede ser empleado con radiaciones laser de muy alta intensidad. Los materiales empleados han sido desde vapor de sodio hasta semiconductores como el AsGa.

Una de las etapas fundamentales en el desarrollo de la biestabilidad optica ha sido la introducción de sistemas hibridos en los que, en lugar de la realimentación optica debida a los espejos del Fabry-Perot, se usa una realimentación puramente electronica. Con ello se han reducido las intensidades opticas empleadas a niveles fácilmente obtenibles y ha sido posible implementar estructuras de fácil integración. Los materiales usados han sido, en este caso, los tipicos materiales electroopticos usados como moduladores o deflectores de luz. De entre ellos uno de los candidatos posibles son los cristales liquidos nematicos y así han sido presentados en la literatura<sup>2</sup>. En este artículo se presentará una de las configuraciones que pueden ser empleadas, analizandose su comportamiento.

## II.- COMPORTAMIENTO ELECTROOPTICO DE ESTRUCTURAS HOMEOTROPICAS DE CRISTAL LIQUIDO NEMATICO

Una estructura homeotropica de cristal liquido (C.L.) es aquella en la que, por efecto del tratamiento químico dado a las paredes, las moléculas del material se alinean con una orientación perpendicular a dichas paredes. En esta situación, una radiación luminosa que se propague a su través lo hará según un índice de refracción que se corresponde con el del eje menor de las moléculas del C.L.. Si el nemático introducido es uno con anisotropía negativa (el MBBA, p. ej., es el más característico y también el empleado por nosotros) la aplicación de un campo eléctrico entre los electrodos internos de esta estructura planar alterará notablemente la configuración interna de las moléculas. Estas dejarán de estar todas alineadas perpendicularmente con respecto a las paredes y tenderán a situarse ortogonalmente con respecto al campo aplicado. Los efectos resultantes, que en el caso de estructuras homogéneas dan lugar a fenómenos tan característicos como los dominios de Williams por

ejemplo, son entre otros, una variación muy significativa en la transmisión en función del voltaje aplicado cuando se disponen polarizadores cruzados a su entrada y salida. La curva obtenida en nuestro caso, para MBBA, aparece representada en la Fig. 1. Como puede apreciarse, la transmisión es



- Fig. 1 -

nula hasta una cierta tensión umbral y a partir de ella se suceden una serie de máximos y mínimos, siendo prácticamente todos ellos de la misma intensidad. Este efecto, como ya ha sido puesto de manifiesto por otros investigadores<sup>3</sup>, puede servir de base para una cierta biestabilidad óptica.

### III.- BIESTABILIDAD ÓPTICA

De acuerdo con la teoría ya establecida, un material puede presentar biestabilidad óptica cuando su transmisión viene dada por una función del tipo

$$T(f) = P_s/P_e \quad (1)$$

donde  $f$  es un cierto parámetro característico de cada situación y  $P_s$  y  $P_e$  son, respectivamente, las potencias ópticas de entrada y salida. Biestabilidad óptica puede presentarse cuando  $f$  es, a su vez, función de la potencia de salida, esto es, cuando verifica una expresión del tipo

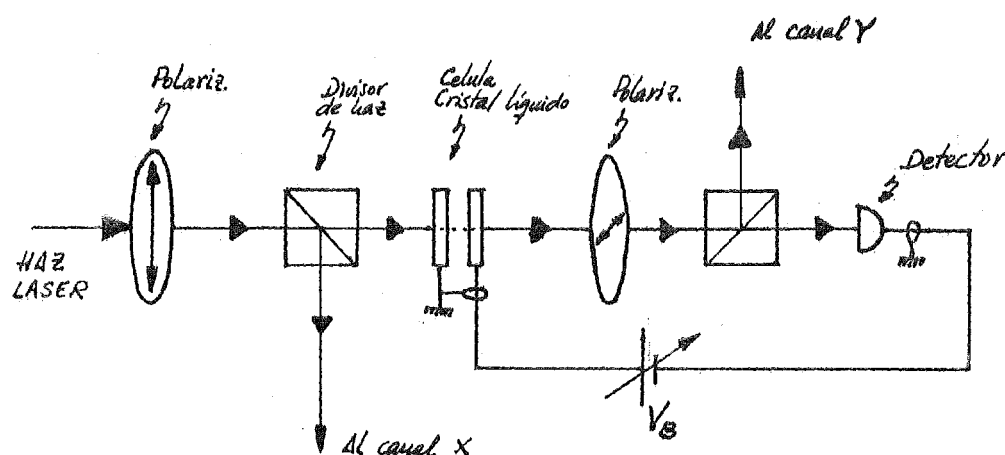
$$f = f_1 + \delta P_s \quad (2)$$

En esas condiciones se tiene

$$P_s/P_e = T(\delta P_s + f_1) \quad (3)$$

y las soluciones de esta expresión para  $P_s$ , que deberán ser funciones de  $P_e$ ,  $\delta$  y  $f_1$ , pueden obtenerse gráficamente por la intersección de  $T(P_s)$  y las rectas que indican  $P_s/P_e$ . Si existen dos valores de  $P_s$  que son, simultáneamente, soluciones de (3) para un conjunto de valores de  $(P_e, \delta, f_1)$ , aparecerá necesariamente biestabilidad óptica.

De lo anterior, pueden inferirse directamente dos hechos. El primero es que la curva representada en la Fig. 1 puede ser candidata idónea para ofrecer biestabilidad óptica, debido a la no linealidad que presenta. El segundo es que la tensión aplicada a la célula puede ser el parámetro  $f$  que aparece en las expresiones (2) y (3). La concreción de ambos hechos se sintetiza en el esquema de la Fig. 2. En ella pueden apreciarse las partes fundamentales de que cons



- Fig. 2 -

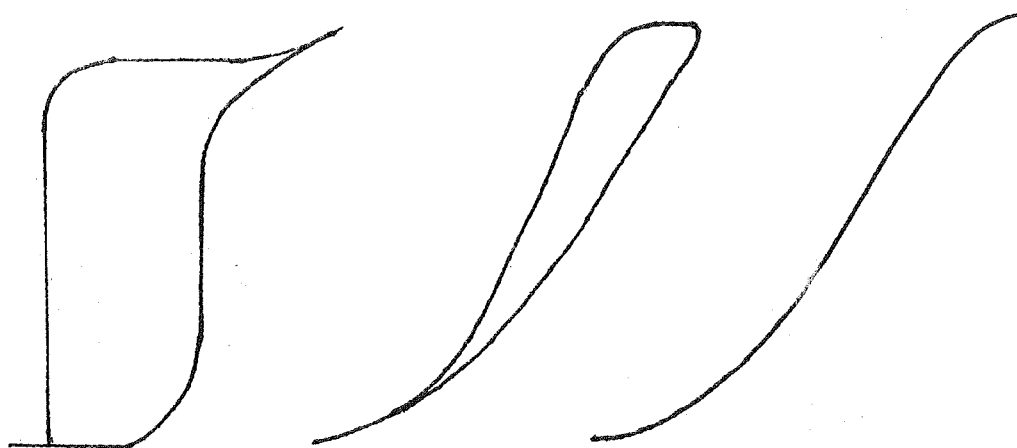
ta el sistema biestable presentado aquí. Como puede apreciarse, la radiación polarizada procedente de un láser de He-Ne, pasa por un modulador de intensidad que proporciona los niveles luminosos requeridos en el montaje. El haz resultante es dividido, mediante un divisor de haz, en dos partes una de las cuales servirá de referencia y la otra pasará a través de la célula homeotrópica de cristal líquido. La radiación de salida pasa, a continuación, a través de un polarizador perpendicular a la radiación de entrada de donde, posteriormente parte es llevada al exterior del sistema como radiación de salida, y parte incide sobre un detector. La señal eléctrica resultante, convenientemente amplificada es llevada a la célula de cristal líquido, existiendo una cierta tensión  $V$  de polarización.

En este esquema pueden ya inferirse los parámetros que aparecen en las expresiones (2) y (3).  $f_1$  es la tensión de polarización  $V$  que se encuentra en el circuito de realimentación.  $\delta$  es función de la amplificación de este circuito.

Como consecuencia de todo lo visto hasta aquí, y observando la Fig. 1, los hechos que dan lugar a la biestabilidad óptica aparecen en cuanto la tensión de polarización  $V$  sea inferior a la tensión umbral y la amplificación aplicada conduzca a líneas como las A, B ó C. (Ver Fig. 1). Las A y B cortan a la curva  $T(V)$  en dos puntos, lo que era condición para biestabilidad. La C, en cambio, así como la D y equivalentes, la cortan en cuatro o más puntos. Esto quiere

decir que podría obtenerse multiestabilidad óptica como puede inferirse de la curva  $T(V)$ .

Algunos de los resultados obtenidos aparecen en la Fig. 3, en la que se ha representado la potencia de salida en función de la de entrada. Como puede apreciarse, dependen-



- Fig. 3 -

do de la tensión de polarización aplicada, pueden obtenerse diferentes formas del ciclo de histeresis. En todos los casos presentados, la amplificación se mantuvo constante.

Por otra parte, se ha estudiado también la posible aplicación del presente sistema como biestable electrónico. En este caso, manteniendo la intensidad óptica de la radiación de entrada constante, en lugar de la polarización constante aplicada en el caso anterior, se ha introducido una señal periódica de voltaje triangular. En concepto, la situación es análoga a la anterior, ejerciendo ahora la tensión una misión análoga a la que antes tenía la radiación incidente. Los resultados son equivalentes, habiéndose logrado tiempos de conmutación de valor inferior a los obtenidos en el caso previo.

#### IV.- CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos aparece claro el hecho de que el uso de estructuras de cristal líquido pueden ser aprovechadas, de análoga forma a como lo son los materiales sólidos convencionales, para la obtención de biestabilidad óptica. Las aplicaciones, ya comentadas en la literatura del tema, pueden extenderse a ellos con la considerable ventaja de su fácil empleo y las bajas tensiones aplicadas.

Este trabajo, desarrollado como parte de un tema general de aplicaciones de los cristales líquidos a las comunicaciones ópticas y subvencionado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, ofrece unas perspectivas

vas muy claras de aplicación para la generación de pulsos ópticos de corta duración así como para su modulación.

#### BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup>. Martín Pereda, J.A.; Muriel, M.A.; Otón, J.M., "Biestabilidad óptica un nuevo camino para el láser". Mundo Electrónico. Sept. 1981, pp. 139-145.
- <sup>2</sup>. Martín Pereda, J.A.; Muriel, M.A., "Hybrid optical bistable devices with liquid crystals". Artículo presentado en la reunión anual de la Optical Society of America, Kissimmee, Florida. Octubre 1981.
- <sup>3</sup>. Klein, M.B.; Lackner, A.M.; Myer, G.B.; Jain, R.K., "Optical noise-limiting and multistability using EO liquid crystal devices". Artículo presentado en CLEO' 81. Washington, D.C. Junio 1981.